

M25

69

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.:

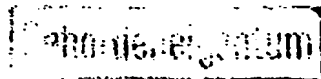
B 29 c, 27/02

B 29 d, 23/20

DEUTSCHES PATENTAMT



52



Deutsche Kl.:

39 a2, 27/02

39 a3, 23/20

10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 2 261 388

Aktenzeichen: P 22 61 388.3

Anmeldetag: 15. Dezember 1972

Offenlegungstag: 5. Juli 1973

Ausstellungspriorität: —

25

Unionspriorität

32

Datum: 30. Dezember 1971

33

Land: V. St. v. Amerika

31

Aktenzeichen: 214311

54

Bezeichnung: Verfahren zum Anschweißen eines Endstückes aus Kunststoff an einem Kunststoffkörper

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: American Can Co., Greenwich, Conn. (V. St. A.)

Vertreter gem. § 16 PatG: Pfister, H., Dipl.-Ing., Patentanwalt, 8940 Memmingen

72

Als Erfinder benannt: Bowen, William Edmund, Trenton;  
Gehring, Clifford Clayton, Princeton; N. J. (V. St. A.)

DT 2261388

**Patentanwalt**  
**Dipl.-Ing. HELMUT PFISTER**

Postcheckkonto München Nr. 134337  
Bankkonto: Bayerische Vereinsbank Memmingen

**894 MEMMINGEN/BAYERN**

Benzachstraße 9  
Telefon (08331) 3183

14 11/2 2261388

Firma American Can Company, American Lane,  
Greenwich/Connecticut 06830 - U.S.A.

---

Verfahren zum Anschweißen eines Endstückes aus Kunststoff  
an einem Kunststoffkörper.

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anschweißen eines  
Endstückes aus Kunststoff an einem stufenlosen rohrförmigen  
Körper aus Kunststoff.

**309827/0752**

- 2 -

- 2 -

Es sind verschiedene Verfahren bekannt, starre oder auch biegsame Behälter aus Kunststoff herzustellen und zwar insbesondere durch Vakuumformung, durch Spritzgießen oder durch Blasverformen. Bei einem bekannten Herstellungsverfahren zum Herstellen von Quetschtuben (USA-Patentschrift 3 047 910) wird der Kopf im Spritzguß an den Tubenkörper angegossen. Bei einem anderen Verfahren wird ein Teil des vorgeformten Kopfes in der Nähe des Tubenkörpers gehalten und der Kopf und der Tubenkörper werden mit einer Form umgeben. Zur Bildung des restlichen Teils des Kopfes und zum Verbinden des vorgeformten Kopfes mit dem Tubenkörper wird dann im Spritzguß Kunststoff in den Bereich zwischen dem Kopf und dem Tubenkörper eingebracht (USA-Patentschrift 3 356 263).

In einem anderen bekannten Verfahren (USA-Patentschrift 3 144 495) werden ein Kopf und ein Tubenkörper zusammengesetzt und es wird den Rändern des Kopfes und des Tubenkörpers an den Stellen, an denen sie miteinander verbunden werden sollen, Wärme zugeführt, so daß sich Wülste bilden, worauf die erhitzten Ränder oder Wülste dadurch verformt werden, daß Werkzeuge auf die Wülste geschoben werden, bis die Ränder so kühl sind, daß sie die vom Werkzeug bestimmte wulstlose Form beibehalten.

Bei den vorgenannten Verfahren treten jedoch verschiedene Schwierigkeiten auf. Beim Spritzguß ist die Produktionsleistung gering, weil das Spritzen und Abkühlen des Kunststoffes Zeit erfordert. Wenn das Werkzeug oder Formhohlräume und passend aneinander liegende Teile miteinander ausgerichtet werden müssen, ist eine hohe Präzision der Werkzeuge und der Teile sowie der notwendigen Bewegungen erforderlich.

309827/0752

- 3 -

Die Erfindung schlägt ein Verfahren vor, das von dem eingangs beschriebenen Verfahren ausgeht und dadurch gekennzeichnet ist, daß das Endstück in dem Körper angeordnet wird und daß der zu schweißende Bereich mit einem Laserstrahl während einer bestimmten Zeit bestrahlt wird, wobei gleichzeitig eine relative Drehbewegung zwischen dem Strahl und dem zu schweißenden Bereich herbeigeführt wird.

Von wesentlichem Vorteil bei der Erfindung ist, daß zum Anschweißen des Endstückes an den Tubenkörper nur eine sehr kleine Materialmenge erhitzt wird, so daß die Produktionsleistung beträchtlich erhöht werden kann. Ferner ist bei der Anwendung der Erfindung infolge der hohen Präzision des Schweißverfahrens keine oder nur eine sehr geringe Verformung erforderlich, so daß die Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit der Produktion stark erhöht werden kann. Im Vergleich zu dem Verfahren entsprechend der USA-Patentschrift 3 144 495 ergibt die Erfindung die wesentliche Verbesserung, daß keine Wülste auftreten, so daß zur Herstellung eines glatten, wulstlosen Behälters keine zusätzliche Maßnahme erforderlich ist. Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1

zeigt in einem Kurvenbild den Verlauf der Strahlintensität und den annähernden Temperaturverlauf in 0,75 mm starkem Dlyäthylen bei Bestrahlung mit einem Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 10,6  $\mu\text{m}$  (microns),

Fig. 2

in größerem Maßstab im Vertikalschnitt einen Teil des Quetschtubenkopfes und des Tubenkörpers vor dem Laserschweißen,

309827/0752

Fig. 3

schaubildlich den durch Laserschweißen mit dem Tubenkörper verbundenen Quetschtubenkopf,

Fig. 4

in größerem Maßstab im Vertikalschnitt einen Teil des Tubenkörpers und des Quetschtubenkopfes nach dem Laserschweißen und

Fig. 5

im größerem Maßstab einen Teil der Fig. 4 zur Darstellung der formschlüssigen Verbindung zwischen dem Tubenkörper und dem Quetschtubenkopf.

In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung besteht das Endstück aus einem Quetschtubenkopf 15 aus Polyäthylen mit einer Schulter 14 und einem Mantel 13. Der Tubenkörper 17 besteht ebenfalls aus Polyäthylen (siehe Fig. 5). Bei der Anwendung der Erfindung wird als Energiequelle ein Laser verwendet, d.h. ein Lichtverstärker, der eine stark gebündelte, intensive Strahlung erzeugt, die im wesentlichen monochromatisch ist, d.h. eine einheitliche Wellenlänge besitzt. Diese ist von dem jeweils verwendeten, aktiven Lasermaterial abhängig und kann in dem Bereich von Ultraviolett bis zum äußersten Infrarot liegen. Die beiden für kommerzielle Zwecke zum Erzeugen eines Dauerstrahls von hoher Leistung am besten geeigneten Laser sind der Kohlendioxydgas-Laser ( $\text{CO}_2$  Laser), mit einer Wellenlänge von 10,6  $\mu\text{m}$  (microns) und der Neodym-YAG-Laser mit einer Wellenlänge von 1,06  $\mu\text{m}$  (microns).

$\text{CO}_2$ -Laser und Nd-YAG-Laser sind mit Ausgangsleistungen von einem Bruchteil eines Watts bis zu mehreren hundert Watt erhältlich, und ihre Strahlen können auf wenige Tausendstel eines Zoll oder weniger fokussiert werden. Es hat sich gezeigt, daß man beim Schweißen von Kunststoff mit einem  $\text{CO}_2$ -Laser mit Leistung im Bereich von 100 - 200 W arbeiten kann.

309827/0752

Zum Erzielen einer zuverlässigen Schweißverbindung, die sich auch durch ein gefälliges Aussehen auszeichnet, was für den Absatz wichtig ist, muß das Temperaturgefälle in den miteinander zu verschweißenden Teilen entsprechend gesteuert werden. Dieses Gefälle ist von der Strahlungsdichte und der Bündelung der Strahlungsenergie und von den Absorptions- und Wärmeübertragungseigenschaften des zu schweißenden Materials abhängig. Die Absorption der Strahlungsenergie durch den bestrahlten Kunststoff ist von der Absorptionskonstante des Materials bei der Wellenlänge der Strahlung abhängig. Da die Temperatur der Strahlungsdichte proportional ist, entspricht das Temperaturgefälle in dem bestrahlten Material annähernd der exponentiellen Absorptionsfunktion  $I = I_0 e^{-\alpha d}$ , welche die Strahlungsdichte (Leistung pro Flächeneinheit)  $I$  in einem Abstand  $d$  von einer Fläche, auf welche eine Strahlung mit der Strahlungsdichte  $I_0$  einfällt, für ein Material mit dem Absorptionskoeffizienten  $\alpha$  angibt.

Das unter Anwendung der exponentiellen Absorptionsfunktion hergestellte Kurvenbild in Fig. 3 zeigt den annähernden Temperaturverlauf in 0,75 mm dickem Polyäthylen, das mit einem Strahl von 10,6  $\mu\text{m}$  (microns) Wellenlänge bestrahlt wird. Jener Bereich, welcher der Fläche am nächsten ist, auf welchen die Strahlung einfällt, empfängt die stärkste Energie, weil dort die Strahlung noch nicht durch Anteile der Dicke des Materials geschwächt worden ist. Das Durchdringungsvermögen des Strahls und damit die Steilheit des Temperaturgefälles ist eine Funktion der Absorptionskonstante  $\alpha$ . Daher ist an und in der Nähe der Fläche, auf welchen die Strahlung einfällt, die Temperatur höher als an der Grenzfläche zwischen den beiden in Fig. 1 gestrichelten angegebenen Grenzfläche zwischen den beiden 0,375 mm dicken Schichten.

Da Kunststoffe im allgemeinen schlechte Wärmeleiter sind, wird nur eine örtliche Erhitzung erzielt. Es ist wesentlich, daß die Temperatur in dem Kunststoff, insbesondere an seiner Oberfläche, nicht auf einen Wert steigt, bei dem das Material geschädigt wird oder zu stark fließt. Andererseits muß zum Verschweißen oder Verschmelzen von Materialien an einer Zwischenfläche, z.B. in einer Tiefe von 0,375 mm wie in Fig. 1, die Temperatur in diesem Bereich auf den Schmelzpunkt des Materials steigen.

Versuche mit aus Polyäthylen niedriger Dichte bestehenden Tuben mit einer Wandstärke von 0,356 mm und mit in diese Tubenkörper eingesetzten Köpfen aus Polyäthylen haben gezeigt, daß an der Außenfläche des Tubenkörpers eine Verformung auftreten kann, wenn die zugeführte Energiemenge so groß ist, daß der Tubenkörper und der Kopf während einer Umdrehung des Werkstücks miteinander verschweißt werden. Dabei wurde die Strahlung von einem CO<sub>2</sub>-Laser erzeugt und auf einen Punkt von 0,76 mm Durchmesser fokussiert und hatte diese Strahlung eine Dichte von 26 kw/cm<sup>2</sup>. Es war ferner schwierig, die Bestrahlungszeit genauso zu steuern, daß in ihr genau eine Umdrehung erfolgte und keine Überlappung der Schweißnaht auftrat; dies hätte zu einer weiteren Verformung der Oberfläche geführt. Daher wurde die Laserschweißvorrichtung so eingestellt, daß das Werkzeug mit einem Mehrfachen der ursprünglichen Drehzahl gedreht, die Bestrahlungszeit aber konstant gehalten wurde. Infolgedessen wanderte der zu schweißende Bereich mehrmals mit proportional höherer Geschwindigkeit unter dem Strahl hindurch. Effektiv wurde einem gegebenen Punkt pro Zeiteinheit weniger Energie, während der Gesamt-Bestrahlungszeit aber dieselbe Energiemenge zugeführt. Man erzielte auf diese Weise eine gute Schweißverbindung mit einer beträchtlich geringeren Verformung

der Außenfläche und einem weniger deutlich begrenzten Überlappungsbereich.

Es hat sich gezeigt, daß es in manchen Fällen zweckmäßig ist, wenn sich auf dem zu schweißenden Bereich leerlaufende Rollen abwälzen. Natürlich glätten diese Rollen den zu schweißenden Bereich, doch ist es noch wichtiger, daß sie die Außenfläche des Körpers kühlen. Durch leitende Rollen, z.B. aus Aluminium, konnte bei jeder Umdrehung des Körpers die Abkühlung der Oberfläche nach der Bestrahlung unterstützt werden.

Die vorerwähnte Verbesserung des Aussehens soll nun im Zusammenhang mit der vorhergehenden Beschreibung und an Hand des in Fig. 1 gezeigten Kurvenbildes erläutert werden. Wenn man dem zu schweißenden Bereich Energie in einer solchen Menge pro Zeiteinheit und während einer solchen Zeit zuführt, daß keine Schädigung eintritt, und zwischen den Bestrahlungszeiten die Oberfläche abkühlen läßt, kann die innere Schicht oder können die inneren Schichten des Kunststoffes auf ihren Schmelzpunkt erhitzt werden, während die Oberfläche nur minimal verformt wird. Die wiederholte Bestrahlung und die Kühlung durch Rollen wirken im Sinne einer Herabsetzung der Spitzentemperatur in der Nähe der Oberfläche, auf welcher der Laserstrahl einfällt, ohne daß dadurch die Temperatur im Inneren beträchtlich beeinflusst wird.

Beim Schweißen ist der Druck gewöhnlich ein wichtiger Parameter. In vielen Heißsiegelverfahren für Kunststoffe muß Druck ausgeübt werden, weil die zum Siegeln erforderliche Hitze dem Kunststoff von einer geheizten Walze oder einer geheizten Platte zugeführt wird, die an dem Werkstück angreift. Der Druck unterstützt die Wärmeleitung und unterstützt auch den Schmelzvorgang, weil die miteinander zu ver-



schweißenden Teile gegeneinander gepreßt werden. Mit Hilfe des Laserstrahls kann man in den miteinander zu schweißenden Teilen berührungsfrei Wärme erzeugen. Das ist für eine hohe Produktionsleistung ideal. Andererseits müssen die beiden miteinander zu verschweißenden Teile einander an der Grenzfläche möglichst innig berühren, damit zum Verschmelzen der Teile möglichst wenig Material geschmolzen zu werden braucht. Um diese Forderungen zu erfüllen, wird vorzugsweise ein Preßsitz zwischen den miteinander zu verschweißenden Teilen hergestellt. Zu diesem Zweck kann man den Außendurchmesser des Mantels 13 größer wählen als den Innendurchmesser des Tubenkörpers 17. Bei einem Preßsitz ist ein Druck zwischen den Teilen vorhanden, ohne daß ein äußeres Element an ihnen angreift. Eine andere Anordnung zum Erzielen eines Preßsitzes ist in Fig. 2 gezeigt. Danach ist in dem Mantel 13 eine Rippe 11 ausgebildet, die infolge ihres größeren Durchmessers einen Druck auf den Tubenkörper 17 hat und mehrere Aufgaben hat. Zunächst führt sie zu einer Druckberührung zwischen dem Kopf 15 und dem Tubenkörper 17. Zweitens ist dank der Rippe in dem zu schweißenden Bereich zusätzliches Material vorhanden, das die Herabsetzung der Wandstärke des Tubenkörpers 17 kompensiert, wenn dieser infolge der Erwärmung schrumpft. Drittens bewirkt die in den Tubenkörper 17 vorstehende Rippe 11, daß eine form-schlüssige Verbindung hergestellt wird, wenn das Material des Tubenkörpers 17 fließfähig wird und die Rippe 11 einbettet (siehe Fig. 4).

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Der Tubenkörper 17 und der Kopf 15 sind auf einem rotierenden Dorn 16 montiert und so angeordnet, daß sich der zu schweißende Bereich in der Nähe des Brennpunktes einer Linse 19 befindet, die von einem Laserstrahl 21 durchsetzt wird. Mit Hilfe einer Druckrolle 23

wird von der Oberfläche des zu schweißenden Bereiches Wärme abgeführt und wird diese Oberfläche geglättet. Eine derartige Druckrolle ist aber besonders bei Polyäthylen hoher Dichte nicht unbedingt erforderlich.

Zum erfindungsgemäßen Verschweißen des Tubenkörpers 17 und des Kopfes 15 tritt die Strahlungsenergie vorzugsweise durch die der Strahlungsquelle nächstliegende Materialschicht, in dem vorliegenden Beispiel durch den Tubenkörper 17 und dem Kopf 15. Auf diese Weise wurde mit Hilfe einer Vorrichtung, die der in Fig. 3 gezeigten ähnelt, ein Tubenkörper mit einem Durchmesser von 22,2 mm und einer Wandstärke von 0,355 mm mit dem Mantel eines Kopfes verschweißt (siehe Fig. 4). Dabei wurden Tubenkörper und Köpfe aus durchsichtigem und pigmentiertem Polyäthylen hoher und niedriger Dichte verwendet. Der von einem Laser von 125 W erzeugte Strahl wurde auf einen Punkt von 0,76 mm Durchmesser in dem zu schweißenden Bereich fokussiert.

Die Tubenkörper und die Köpfe wurden mittels eines Dornes mit einer Drehzahl von 1500 U/min. gedreht. Der Laserstrahl wurde jeweils 0,28 sek. lang eingeschaltet, was sieben Umdrehungen des Tubenkörpers und des Kopfes entsprach. Die fertigen Quetschtuben blieben unter einem Luftdruck von  $2,8 \text{ kp/cm}^2$  dicht.

Bei der Verwendung von Materialien, die für die Bestrahlung bei der verwendeten Wellenlänge teildurchlässig sind, wandert je nach der Gesamtdicke des Materials eine gewisse Energiemenge durch das Material hindurch, an dessen hinterer Fläche diese Energie austritt. Durch eine an der hinteren Fläche vorgesehene reflektierende Fläche kann die austretende Energie wieder in das Material hineinreflektiert werden, so daß die Strahlungsenergie besser ausgenutzt und die Energie-Verteilungskurve noch stärker abgeflacht wird.

Im Rahmen der Erfindung wird die unter dem Werkstück befindliche Fläche gewöhnlich von einem Werkstückhalter oder einem Dorn gebildet, dessen Oberfläche zweckmäßig poliert ist, damit eine maximale Reflexion erzielt wird. Es hat sich gezeigt, daß der Einbrand beim Schweißen von Kunststoffschichten bei geringerer Verformung der Oberfläche noch auf andere Weise verbessert werden kann, und zwar, indem der normalerweise kreisförmige Strahlungsquerschnitt durch eine besondere Fokussierung so verformt wird, daß er in der Richtung seiner Bewegung relativ zu dem Werkstück verlängert wird, während quer zu dieser Richtung seine Abmessung unverändert bleibt. Dadurch wird die Energiedichte des fokussierten Strahls herabgesetzt, weil die gegebene Leistung über eine größere Fläche verteilt wird; dagegen wird die Arbeit pro Längeneinheit nicht verändert, weil die Breite der Schweißnaht nicht zunimmt. Diese Längung des Strahlquerschnitts kann mit Hilfe von zylindrischen oder anderen Speziallinsen oder von geeigneten Spiegeln oder durch Anwendung eines außeraxialen Astigmatismus erzielt werden.

Es sei darauf hingewiesen, daß der Laserstrahl nicht unbedingt durch die äußere Materialschicht zu treten braucht. Man kann den Strahl auch durch eine innere Materialschicht führen, d.h. von innen nach außen, wenn man eine geeignete Vorrichtung verwendet und das Werkstück entsprechend manipuliert. Ein derartiges Verfahren ist beim Schweißen von Schichtkörpern aus Metall zweckmäßig.

Vorstehend wurde der Erfindungsgegenstand anhand von zylindrischen Tuben beschrieben, doch kann die Erfindung auch auf Tuben mit ovalem Querschnitt angewandt werden. Der Erfindungsgegenstand und zahlreiche durch die Erfindung gegebenen Vorteile dürfen aufgrund der vorstehenden Beschreibung verständlich sein.

Im Rahmen des Erfindungsgedankens kann ohne Aufgabe aller durch die Erfindung erzielbaren Vorteile das vorstehend beschriebene, bevorzugte Ausführungsbeispiel hinsichtlich der Form, der Konstruktion und Anordnung der Teile des Werkstückes und hinsichtlich der Schritte des beschriebenen Verfahrens und der Reihenfolge ihrer Durchführung abgeändert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Anschweißen eines Endstücks aus Kunststoff an einem stufenlosen rohrförmigen Körper aus Kunststoff, dadurch gekennzeichnet, daß das Endstück in dem Körper angeordnet wird und daß der zu schweißende Bereich mit einem Laserstrahl während einer bestimmten Zeit bestrahlt wird, wobei gleichzeitig eine relative Drehbewegung zwischen dem Strahl und dem zu schweißenden Bereich herbeigeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Endstück von einem Quetschtubenkopf und der Körper von einem Tubenkörper gebildet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Außendurchmesser des Mantels des Tubenkopfes größer ist als der Innendurchmesser des Tubenkörpers, so daß ein Preßsitz zwischen dem Tubenkopf und dem Tubenkörper erzielt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl eine Wellenlänge von 10,6 Micron (microns) hat.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt des Laserstrahls in der Längsrichtung der Schweißnaht langgestreckt ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl der Tubenkopf als auch der Tubenkörper aus Polyäthylen bestehen.

Der Patentanwalt

14  
Leerseite

FIG. 1

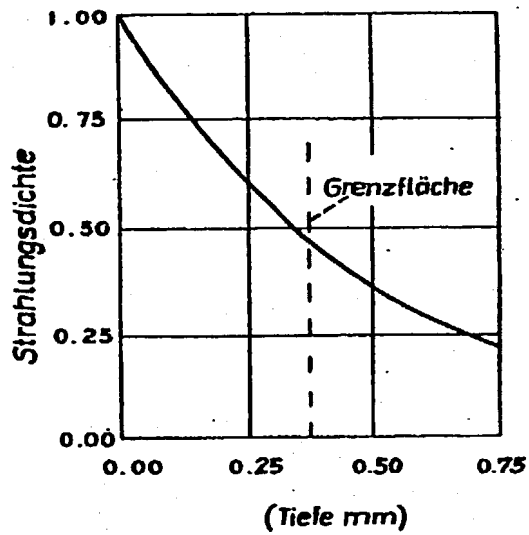


FIG. 2 2261388

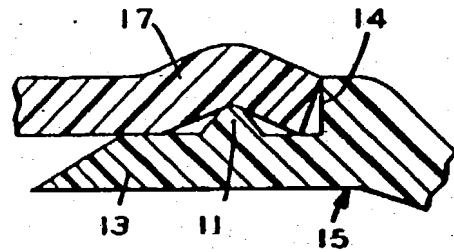


FIG. 5

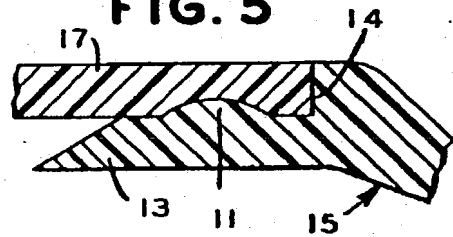


FIG. 3

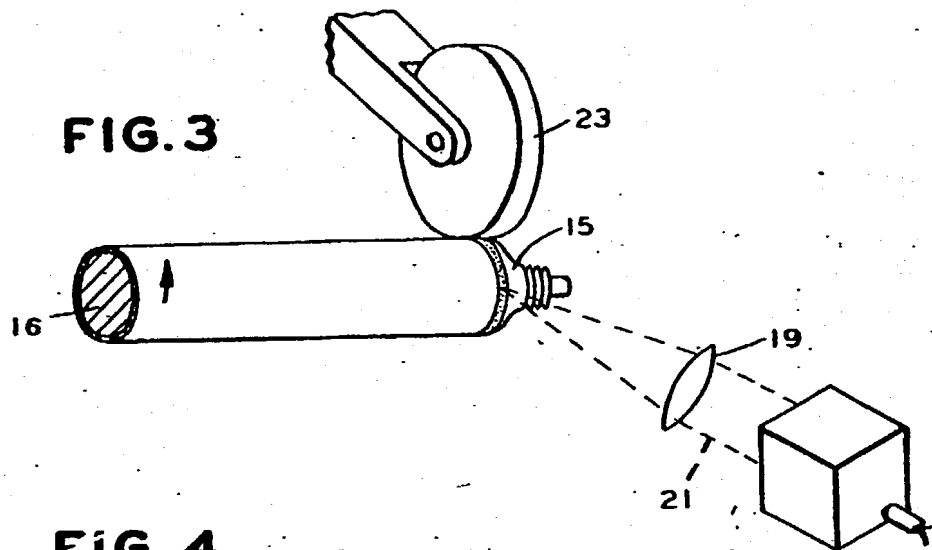
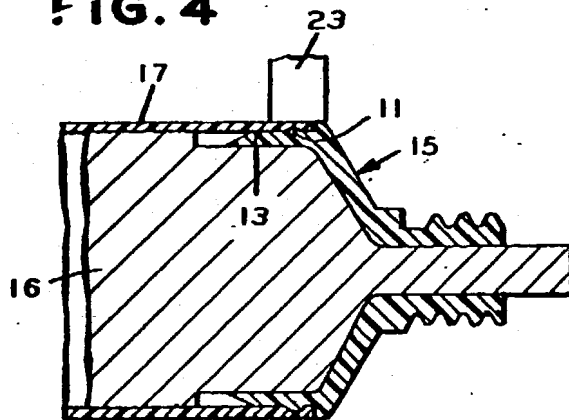


FIG. 4



309827/0752

39 a 2 27-02 AT: 15.12.72 OT: 05.07.73

ORIGINAL INSPECTED